



PROJEKT Č. VI20172020068

NÁSTROJE A METODY ZPRACOVÁNÍ VIDEO A OBRAZU
PRO ZVÝŠENÍ EFEKTIVITY OPERACÍ BEZPEČNOSTNÍCH A
ZÁCHRANNÝCH SLOŽEK (VRASSEO)

TECHNICKÁ ZPRÁVA 2018

HDR VE VESTAVĚNÝCH ZAŘÍZENÍCH

Svetozár Nosko, Pavel Zemčík

Fakulta informačních technologií
Vysokého učení technického v Brně
Božetěchova 1/2
612 66 Brno, Česko

Prosinec 2018

Obsah

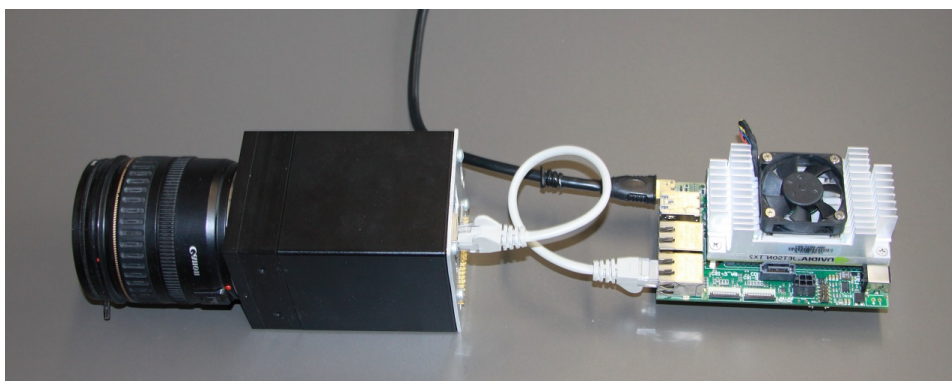
1	Úvod	1
2	Řešení na platformě NVIDIA Tegra TX2	2
3	Řešení na platformě Xilinx Zynq	4
4	Vyhodnocení	5

Abstrakt

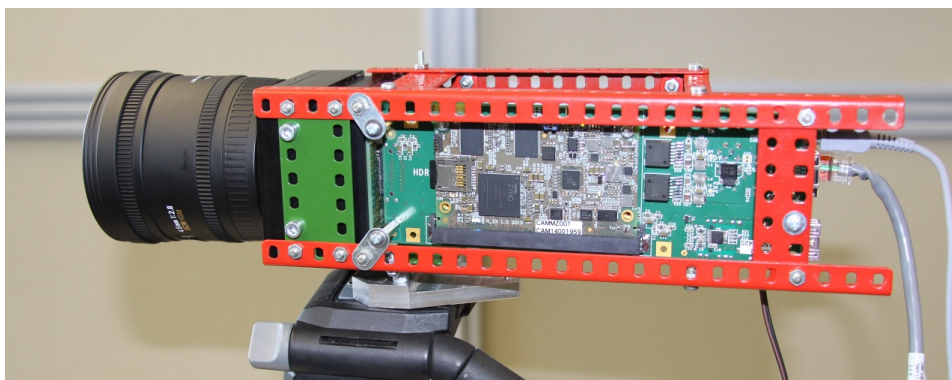
Technická zpráva popisuje vývoj technologie pro záznam a zpracování HDR (vysoký dynamický rozsah) videa, která umožňuje kvalitně snímat obraz v těžkých světelných podmínkách (např. vysoký kontrast), kde klasické postupy selhávají (automatické řízení expozice). Dokument obsahuje výběr vhodných algoritmů pro HDR a deghostingu a popisuje jejich implementaci a ověření na embedded platformách NVIDIA Tegra TX2 (Jetson) a Xilinx Zynq.

1 Úvod

Hlavní výhodou zpracování HDR je zachování vysokého dynamického rozsahu ve scénách a umožňuje kvalitní zobrazení objektů za těžkých světelných podmínek (např. detekce SPZ ve složitějších světelných podmínkách), ve kterých klasické postupy selhávají (např. automatické řízení expozice). Klasické algoritmy pro tvorbu HDR snímků jsou však vhodné jen pro statické scény. Pohyb objektů během snímání sekvencí snímků způsobuje nežádoucí artefakty zvané “ghosting” nebo duchové. Pro potlačení artefaktů, byly vyvinuty různé metody detekce a odstranění duchů z HDR snímků. V návaznosti na předcházející zprávu (Kapitola 1 - HDR images deghosting) byly zvolené algoritmy HDR a deghostingu implementovány a ověřeny na embedded platformách NVIDIA Tegra TX2 (obrázek 1) a Xilinx Zynq (obrázek 2).



Obrázek 1: Řešení založeno na platformě NVIDIA Tegra TX2.



Obrázek 2: Řešení založeno na platformě Xilinx Zynq.

2 Řešení na platformě NVIDIA Tegra TX2

Na platformě NVIDIA Tegra je pro skládání a deghosting použit vylepšený algoritmus, oproti algoritmu, který byl popsán v předcházejícím reportu (kapitola 1). Vylepšení spočívá v přechodu od “ostrých” hranic pro detekci skládaných pixelů k váhám daných pomocí Gaussovy funkce. Metoda je založena na výpočtu koeficientu jak moc si pixely mezi skládanými snímkami odpovídají (tzv. "certainty map"):

$$C_i = e^{-\frac{(L_i - \bar{L}_i)^2}{2\sigma^2}} \quad (1)$$

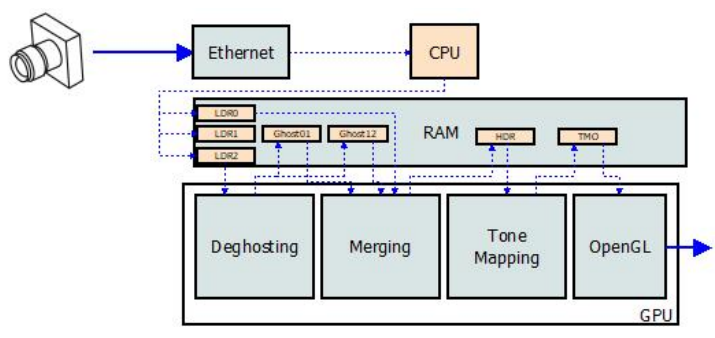
kde σ určuje striktnost skládání, L_i je snímek i -tý snímek v sekvenci, \bar{L}_i je referenční snímek a C_i je vypočtený koeficient. Mapa koeficientů je následně použita pro skládání, které váží pixely vzhledem k referenčnímu snímku na základě koeficientu:

$$H = \sum_{i=1}^n (2 - C_i) \cdot w(L_{ref}) \cdot \frac{t_{ref}}{t_1} + C_i \cdot w(L_i) \cdot \frac{t_i}{t_1} \quad (2)$$

kde n je počet snímku v sekvenci a sekvence je seřazena vzestupně podle délky expozičního času, t_{ref} je expoziční čas referenčního snímku, t_1 je expoziční čas prvního snímku v sekvenci, funkce $w(L_i)$ je váhovací funkce (stejně jako při algoritmu Debevec a Malik [1]), L_i je hodnota pixelu.

V našem případě sa skládají 3 snímky a jako referenční snímek je zvolen prostřední z nich. Porovnání původní a nové verze je vidět na obrázku 6. Pro tone-mapping je použit globální mapovací operátor Drago03 [2], který poskytuje kvalitní výstup ve většině situací. Implementace na platformě NVIDIA Tegra využívá kameru, kterou poskytla firma Camea, spol. s r.o. a konkrétně jde o řešení s černobílým HD senzorem (do budoucnosti se počítá s přechodem na barevný senzor). Kamera je připojena k platformě pomocí ethernetového rozhraní, přes které je přijímán nekomprimovaný video stream. Zpracovaný HDR obraz je zobrazován přes HDMI rozhraní, ale je možné ho vysílat i jako H.264 nebo H.265 stream přes ethernetové rozhraní. Všechny algoritmy HDR zpracování jsou akcelerovány na GPU prostřednictvím jazyka C++/CUDA, co umožňuje přenositelnost i na jiné platformy (PC a pod.).

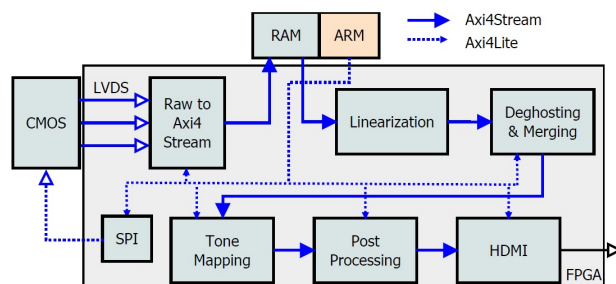
Jelikož procesor a GPU na NVIDIA Tegra TX2 sdílí stejnou paměť, je možné využít Zero Copy přístup pro zpracování, kde CPU se stará o příjem dat z kamery a uložení snímků do paměti RAM (na obrázku označeno jako LDR0, LDR1, LDR2). CPU následně spustí kernel deghosting na GPU, který spočítá mapy “ghostů”. Po ukončení kernelu je spuštěn kernel pro skládání HDR a následně kernel pro tone mapping a zobrazení přes OpenGL. Do budoucnosti se počítá s implementací, která umožní zřetězení na úrovni kernelů a umožní zvýšit celkovou propustnost systému. Princip zpracování je zobrazen na obrázku 3.



Obrázek 3: Řešení založeno na platformě NVIDIA Tegra TX2.

3 Řešení na platformě Xilinx Zynq

Řešení na Xilinx Zynq je založené na CMOS senzoru (v našem případě On-Semi Python), který je přímo napojený na FPGA. Implementován je algoritmus pro skládání HDR snímků spolu s deghosting algoritmem (algoritmus je popsán v předcházející zprávě) a lokální tone mapping operátor založený na algoritmu Durand a Dorsey [3]. Řešení umožňuje zpracovávat až 200MPix/s, co splňuje 30 FPS pro FullHD rozlišení (90 multi-expozičních snímků za sekundu na vstupu). Výstup HDR zpracování je vysílán jako standardní H.264 stream. Zpracování je kompletně akcelerováno v FPGA, přičemž procesor ARM je použit pro konfiguraci parametrů HDR bloků v FPGA a výpočet temporálních parametrů tónového mapování. Schéma zpracování a funkčních bloků je zobrazeno na obrázku 4. Implementace na Xilinx Zynq je kompletně zřetazena a produkuje jeden výstupní pixel za takt.



Obrázek 4: Řešení založeno na platformě Xilinx Zynq.

Platforma	NVIDIA Tegra TX2	Xilinx Zynq
Procesor	ARM	ARM
Akcelerováno v	GPU	FPGA
Rozlišení	Full HD	Full HD
Spotřeba [W]	25	5
Detekce ghostů [ms]	1.59	10.3
Skládání [ms]	4.58	10.3
Celkové FPS [FPS/s]	162.07	96.45

Tabulka 1: Porovnání implementací na platformách Xilinx Zynq a NVIDIA Tegra.

4 Vyhodnocení

Za účelem implementace a ladění HDR algoritmů včetně deghostingu bylo zapotřebí nahrát videosekvenci RAW dat přímo ze senzoru snímače. Pro pořízení testovací datové sady byla využita Xilinx Zynq kamerová platforma. Testování pořizování HDR snímků a přínosů deghostingu bylo provedeno na snímcích pořízených v reálném provozu.

V tabulce 1 jsou shrnuty parametry řešení na platformě Tegra TX2 a Xilinx Zynq. Je možné vidět, že obě platformy jsou vhodné pro zpracování HDR obrazu v reálném čase. Uplatnění HDR zpracování je vhodné v těžkých světelných situacích (výjezdy z tunelů, zpod mostů a pod.) nebo silném protisvětle (západ resp. východ slunce). Do budoucnosti se při NVIDIA Tegra TX2 počítá s přechodem na barevný senzor a potenciálně možností zpracování dvou kamer současně. Problémem však je přenos nekomprimovaných dat z kamery do NVIDIA Tegra, kde se jako řešení nabízí využití rozhraní PCI Express nebo USB3.



Obrázek 5: Porovnání metod deghostingu. Vlevo - bez deghostingu. Uprostřed - jednoduchá verze deghostingu. Vpravo - pokročilá verze deghostingu. Je možné vidět, že při pokročilém deghostingu dochází k lepšímu potlačení artefaktů, které vznikají v okolí pohybujícího se vozidla.



Obrázek 6: Ukázka pokročilého deghostingu. Vrchní 3 snímky jsou vstupními snímky s nízkým dynamickým rozsahem. Prostřední dva snímky jsou tzv. “ghost” mapy (ghost mapy se počítá pro krajní snímky vůči referenčnímu, který je uprostřed). Spodní dva jsou výsledky po tónovém mapování (vlevo bez deghostingu, vpravo s deghostingem).

Literatura

- [1] P. E. Debevec and J. Malik, "Recovering high dynamic range radiance maps from photographs," in *ACM Trans. Graph.*, SIGGRAPH '97, 1997.
- [2] F. Drago, K. Myszkowski, T. Annen, N. Chiba, P. Brunet, and D. Fellner, "Adaptive logarithmic mapping for displaying high contrast scenes," in *EUROGRAPHICS 2003, 24th Annual Conference, Blackwell, 419-426 (2003)*, vol. 22, 09 2003.
- [3] F. Durand and J. Dorsey, "Fast bilateral filtering for the display of high-dynamic-range images," in *ACM Trans. Graph.*, SIGGRAPH '02, ACM, 2002.